Incendios Forestales y Medio Ambiente: una Síntesis Global.

Miguel Castillo Soto
Laboratorio de Incendios Forestales
Facultad de Ciencias Forestales
Universidad de Chile
Casilla 9206. Santiago de Chile

Antecedentes

El fuego, generado naturalmente, ha sido constante agente de cambios sobre el paisaje, en la mantención y evolución de los ecosistemas, y parte esencial de los sistemas de vida humanos desde tiempos ancestrales. Su rol ecológico como regulador de procesos naturales ha sido parte fundamental de la historia evolutiva de la tierra.

El fuego es un regulador natural de los ecosistemas, por lo cual, la ocurrencia de incendios forestales en muchas partes del mundo responde a comportamientos climáticos y a la susceptibilidad natural de la vegetación a la ignición y la inflamabilidad, especialmente en períodos de sequedad. Tormentas eléctricas y erupciones volcánicas son las causas naturales más frecuentes por la cual el fuego se hace presente.

En ecosistemas boscosos, los incendios forestales conforman un proceso vital y esencial para los procesos de sucesión ecológica y mantención de la estabilidad al interior de los ecosistemas. Sin embargo, esta estabilidad ha sido crecientemente modificada por la acción humana, a través de la intervención cada vez más agresiva sobre los recursos naturales renovables. Incluso en áreas donde este fenómeno se producía por mecanismos naturales, el hombre ha intervenido los ecosistemas alterando este proceso. En particular, las quemas han ocasionado incendios forestales de gran magnitud, los que junto a la tala indiscriminada y la deforestación, han favorecido la pérdida de extensas superficies boscosas y a la modificación de innumerables procesos naturales. Si bien es cierto el uso del fuego prescrito ha sido instaurado desde décadas en la gran mayoría de los países con tradición forestal, no resulta raro encontrar que grandes catástrofes ecológicas han sido producidas por la escapada del fuego frente al control humano.

La combinación de factores climáticos y humanos están presentes en la iniciación de la mayoría de los incendios forestales. Si se compara la ocurrencia por factores exclusivamente naturales, la proporción de incendios, particularmente en el hemisferio sur, es notablemente inferior a los ocasionados por el hombre. Esto es una realidad que se

repite en diversos ambientes y actividades humanas ligadas a la explotación de los recursos naturales.

Actualmente los incendios causados por el hombre están presentes en todos los ecosistemas vegetales existentes en el mundo. Se estima que anualmente se pierden 10 a 15 millones de hectáreas de bosques en regiones boreales y templadas, mientras que 20 a 40 millones se pierden en bosques tropicales. La actividad agrícola, reconversión de cultivos y habilitación de grandes extensiones aplicando quemas han sido los grandes responsables de este daño.

Las pérdidas son difíciles de cuantificar. Sólo en el Sureste de Asia, se estima que los daños directos ocasionados por incendios forestales en la región superan los 4 mil quinientos millones de dólares anuales en promedio en los últimos 10 años. Adicionalmente está presente el impacto negativo sobre la salud humana por enfermedades respiratorias derivadas de las emisiones por incendios, tal como ha ocurrido en México, Honduras, Guatemala y en el Sureste de los Estados Unidos.

Una de las mayores consecuencias ocasionadas por los incendios forestales son los efectos sobre el cambio climático. El cambio de uso del suelo por deforestación, y la combustión de enormes cantidades biomasa han provocado la emisión de gases químicamente activos, tales como dióxido de carbono, monóxido de carbono, metano, óxido nítrico, y partículas metal clorhídricas más pequeñas. La mayor parte de la biomasa consumida por incendios forestales proviene de bosques tropicales y boreales, y preferentemente en países en vías de desarrollo.

Estadísticas proporcionadas por la NASA, indican que en los últimos 30 años se ha producido la mayor tasa de destrucción de los ecosistemas tropicales productos de los incendios, derivados de la tala sostenida de bosques y del empleo del fuego para la habilitación de terrenos cultivables La deforestación por ejemplo, se eleva a una tasa anual promedio de 11.2 millones de hectáreas, lo que equivale a 20 hectáreas por minuto. A esta tasa, se estima que los bosques tropicales desaparecerían en un lapso no superior a los 50 años. Este aspecto, es necesario considerarlo en la evaluación de los montos globales de gases que actúan en el efecto invernadero y calentamiento global de la atmósfera, producto de las quemas y los incendios forestales.

El caso de Chile

Chile posee cerca de 35 millones de hectáreas de vegetación vulnerable a los incendios, entre praderas y matorrales (~20 millones), bosque nativo (~13 millones) y plantaciones (~2,1 millones). De esta vegetación, una cifra superior a las 50 mil hectáreas se queman anualmente en alrededor de 5.900 incendios forestales, siendo las regiones más afectadas en términos de superficie las regiones Octava (38,5%), Novena (18,2%) y

Quinta (28,5%). Las pérdidas directas provocadas por los incendios son cercanas a los 50 millones de dólares, sin considerar los valores ambientales y sociales. Si se hiciese una estimación económica de las pérdidas provocadas por los incendios al medio ambiente, infraestructura, valores sociales y culturales, fuentes laborales y otros aspectos económicos, esta cifra indudablemente sería muchísimo mayor.

En términos de investigación de causas, sanciones y aspectos legales, en Chile, el 99% de los incendios son causados por el hombre, con una intencionalidad que en algunas comunas de la Octava y Novena regiones alcanza al 90%. Este problema es particularmente grave si se considera que sólo un 16% de los incendios son investigados, de los cuales, en un 95% de los casos no se encuentran responsables, terminando en sentencia sólo el 0,5%. Este es un problema que se repite anualmente, y cuya raíz se basa en la diversidad de cuerpos legales que generalmente funcionan en forma dispersa, conformando un marco normativo y legal que indudablemente será necesario perfeccionar.

El fenómeno de El Niño y los Incendios Forestales

El fenómeno de El Niño ha favorecido la generación de condiciones climáticas para la ocurrencia y propagación de incendios forestales, con resultados particularmente catastróficos en regiones tropicales y templadas del globo.

En términos simples, El Niño corresponde a un fenómeno climático causado por la interacción entre la atmósfera y la calidez anormal de la superficie oceánica en el Océano Pacífico Este de las costas de Sudamérica. Los vientos alisios que normalmente soplan en la región intertropical desde América hacia Oceanía, se debilitan y pueden llegar a cambiar de sentido, facilitando así el transporte de aguas cálidas características del sector de Indonesia hacia las costas intertropicales sudamericanas y posteriormente hacia el istmo de Panamá y las costas del norte de Chile. A su vez, en la atmósfera media y alta del Pacífico ecuatorial, los vientos del Este también se debilitan, permitiendo que la nubosidad convectiva del sudeste asiático se desplace hacia Sudamérica, produciendo intensas precipitaciones en Ecuador y Perú. Este cambio en los vientos y el alza de la temperatura superficial del océano, ocasiona prolongadas sequías en las regiones tropicales, produciéndose alteraciones meteorológicas que favorecen la probabilidad de inicio de incendios y la propagación voraz del fuego dada la abundancia de vegetación combustible existente en estas regiones.

Como antecedente, durante 1997 y 1998, incendios forestales sin control quemaron extensas superficies en Indonesia, Australia, Brasil, Canadá, México, Rusia y Sur de los Estados Unidos. Muchos de estos siniestros se iniciaron debido a las condiciones extremas de baja humedad relativa del aire y del contenido de humedad de la vegetación, las altas temperaturas y los vientos cálidos, todas, alteraciones ocasionadas por El Niño.

En el caso de Chile, la modificación de los patrones de precipitación producto de la acción del cambio climático, ha modificado las condiciones en muchas zonas del bosque templado, inserto en un clima más seco que el normal para estas latitudes y más proclive a la acción del fuego. Esto ha provocado que, junto con el componente humano (agente inicial del encendido), el factor climático de sequedad y susceptibilidad de los combustibles forestales a la ignición e inflamabilidad, han provocado extensos incendios en zonas de la Cordillera de Los Andes de la VIII y IX regiones.

Los incendios forestales desde el espacio

Utilizando datos procedentes de satélites orbitando sobre la tierra es posible obtener información rápida y general sobre la situación de extensas áreas de territorio, monitorear emergencias naturales, identificar zonas de riesgo, detectar probables zonas de iniciación de incendios, y efectuar el seguimiento de eventos de gran magnitud mediante sensores de temperatura en superficie, y proveer de información general acerca de la ubicación geográfica, tamaño y forma de los incendios.

Con la tecnología actual, es posible rastrear y caracterizar en breves intervalos de tiempo el avance del fuego a grandes magnitudes. De hecho, la única forma de intentar estimar en forma gruesa la localización y extensión de los incendios (en particular los de grandes extensiones), es desde una perspectiva global en el espacio. Muchos de los satélites que han capturado importantes imágenes de incendios forestales, son aquellos destinados a otros propósitos, pero no por ello sus observaciones han sido relevantes. De hecho, la contribución de estas imágenes ha permitido sustentar diversos estudios acerca del comportamiento global del fuego a gran escala y los modelos globales de emisión de gases.

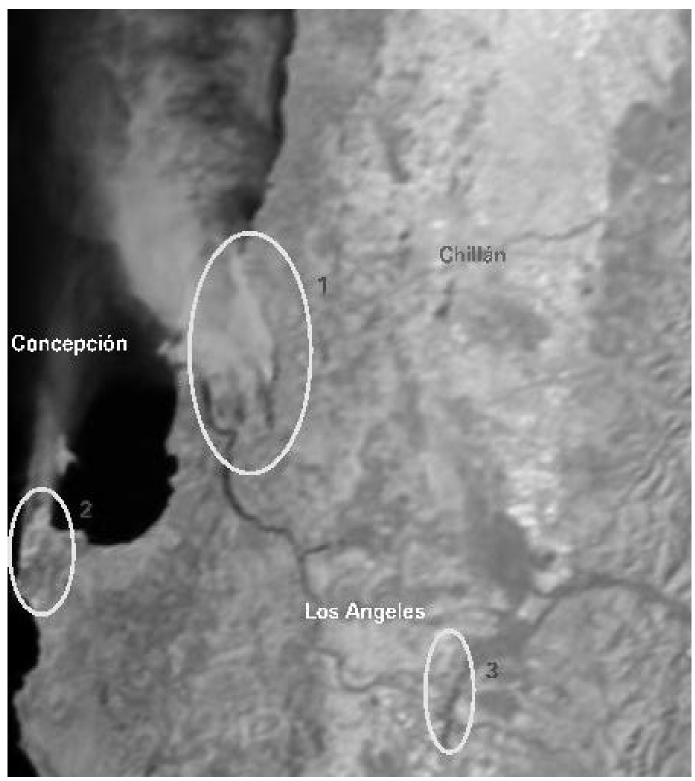
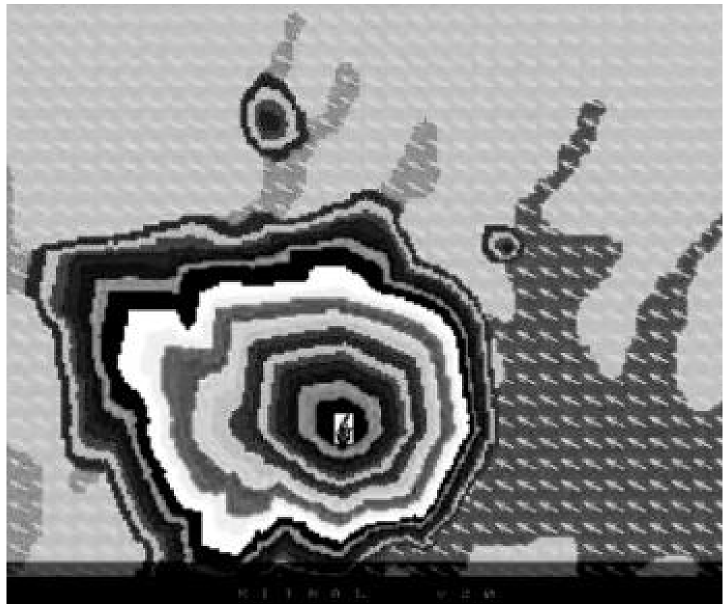


FOTO 1.- Incendios forestales de gran magnitud (sobre 40 mil hectáreas afectadas) en la Octava Región de Chile. Foto satelital tomada el día 9 de febrero de 1999. Fuente: NASA (2003), con modificaciones.

Científicos han continuado trabajando para el conocimiento de nuevos instrumentos destinados a medir y monitorear incendios desde el espacio. La generación de nuevas tecnologías permitirá determinar en mejor forma los efectos de la producción de gases invernadero y material particulado producto de los incendios, las composiciones químicas y sus efectos sobre el clima, como también identificar la magnitud real que representan estos siniestros sobre el calentamiento global de la tierra.



En Chile, esta tecnología ha sido utilizada para el estudio de grandes incendios, pero la baja periodicidad diaria de imágenes satélite disponibles para el territorio nacional, y el tamaño de la unidad de información mínima posible de analizar (que en el caso del sensor NOAA-AVHRR corresponde a celdas de 1,1 km), hacen poco viable efectuar localizaciones precisas y seguimiento de incendios en tiempo real. Para ello, se cuenta con herramientas alternativas como el simulador de incendios del Sistema KITRAL, desarrollado por el Laboratorio de Incendios Forestales de la Universidad de Chile, el cual se encuentra catalogado entre los mejores del mundo. Esta herramienta permite, entre otras capacidades, estimar la expansión y conflictividad de los potenciales focos, los daños probables que se pueden ocasionar, y la definición de los mecanismos de alerta necesarios para el eventual control.

FOTO 2.- Salida gráfica del Simulador de Expansión de Incendios Forestales del Sistema KITRAL. Incendio real, simulado a 5 horas de propagación del fuego. Fuente: Laboratorio de Incendios Forestales (2003), Universidad de Chile.

Principales efectos ambientales de los incendios forestales en el mundo

El efecto inmediato de los incendios es la producción y liberación a la atmósfera de gases y partículas que resultan de la combustión de biomasa, la cual proviene de los bosques (tropicales, templados y boreales), praderas y tierras agrícolas sometidas a laboreo. Después del vapor de agua, el dióxido de carbono es el gas invernadero más importante, estimándose que su concentración está aumentando a una tasa anual promedio de 0,5%. Razones para este aumento, hay muchas. En el caso forestal la más importante es la combustión sostenida de los bosques tropicales en el cinturón ecuatorial terrestre,

generándose enormes emisiones de dióxido de carbono, monóxido de carbono, gas metano y otras trazas de gases procedentes de la combustión de material vegetal.

Durante la quema de un bosque, el dióxido de carbono almacenado por los árboles durante décadas, es liberado a la atmósfera en cuestión de horas. En consecuencia, si la vegetación quemada no se regenera, el dióxido de carbono liberado permanece en la atmósfera. Estos gases liberados son capaces de aumentar el calentamiento global, desencadenando en forma gradual un cambio climático a nivel planetario. Por medios computacionales se ha pronosticado que en el futuro, los incendios forestales serán cada vez más frecuentes y agresivos, dado que las condiciones climáticas cambiantes favorecerán cada vez más la iniciación y propagación del fuego, ocasionando efectos nocivos a la salud humana, especialmente en enfermedades respiratorias.

Dado que los incendios forestales implican altas emisiones de material particulado a la atmósfera, se podría plantear la interrogante sobre cuál es el monto real de emisiones de gases invernadero atribuibles a esta causa, y cuál es la magnitud de sus efectos sobre la atmósfera y la salud humana, respecto a otras importantes fuentes de contaminación. Científicos de la NASA han estado trabajando para dilucidar estas interrogantes.

Se ha determinado por ejemplo, que la composición y montos de gases emitidos por los incendios forestales varían notablemente de acuerdo al tipo de ecosistema afectado. Como resultado de ello, los científicos han logrado clasificar tipos de ecosistemas y grupos de vegetación, como también modelos de combustión para determinar las emisiones de cada ecosistema, basados en la temperatura que alcanza el fuego. Asimismo se ha determinado que a nivel del suelo se promueve la producción de gases invernadero a través de actividad bacteriana. El monto de estos gases producidos por bacterias después de incendio pueden sobrepasar incluso, las emisiones durante la combustión misma.



FOTO 3.- El flujo de carbono liberado a la atmósfera producto de los incendios forestales, proviene esencialmente de la combustión y consumo total de la vegetación durante el desarrollo mismo de los incendios, y de los tejidos vegetales muertos por el fuego, pero parcialmente consumidos (emisiones post-incendios). (Foto: Julio, G. 2003)

Desde hace más de dos décadas, agencias internacionales y científicos han estado estudiando el efecto de los incendios forestales sobre el paisaje, sus sistemas ecológicos, la salud humana y la actividad económica y sociocultural. El tema es particularmente importante dada la enorme tasa de emisiones a la atmósfera. Se han desarrollado modelos predictores y grandes bases de datos que intentan representar en forma espacial y temporal el problema de los gases liberados a la atmósfera producto de los incendios, su contribución y relaciones con el efecto invernadero, el movimiento de masas a distintas capas de la atmósfera, la estacionalidad de los eventos y la caracterización de gases liberados de acuerdo al tipo de vegetación presente en los grandes ecosistemas afectados por los incendios forestales, el efecto de los incendios sobre el ciclo hidrológico, pérdida de suelos, fauna silvestre y paisaje (cuadro 1).

CUADRO 1.- Efectos Socioeconómicos y Ecológicos derivados de los incendios forestales. Fuente: Laboratorio de Incendios Forestales, 2003.

AMBIENTE: Principales efectos	
EFECTOS SOCIOECONÓMICOS	**EFECTOS ECOLÓGICOS**
En la salud pública: contaminación de suelos, agua y atmósfera	En el clima, a pequeña y gran escala: - cambios en los regímenes de vientos - aumento de la radiación solar y disminución de la humedad ambiental - reducción de la disponibilidad de oxígeno - contaminación atmosférica
Daños a la propiedad pública y privada	En el suelo: - erosión y pérdida de suelos - deterioro de las propiedades físicas y químicas - pérdida de nutrientes - destrucción de la microfauna y estrata orgánica no incorporada al suelo mineral
Paralización de procesos productivos	En la vegetación: - muerte de tejidos vegetales, alteraciones fisiológicas y deformaciones - deterioro de las propiedades de la madera - incremento de plagas y enfermedades - cambios en la sucesión vegetal y entrada de vegetación invasora - alteraciones y pérdidas en la regeneración natural
Disminución de fuentes de trabajo	En los recursos hídricos: - alteraciones en las relaciones hídricas - aumento de la escorrentía superficial - contaminación de las aguas - sedimentación y enbancamiento - desecación de acuíferos
Pérdidas económicas directas	En el paisaje: - fragmentación - desertificación
	En la biodiversidad: - pérdida de especies de flora y fauna silvestre - migración de animales, aves e insectos - rupturas en las cadenas alimentarias y alteraciones en las sucesiones ecológicas

¿ Cómo abordar el problema ?

El escenario mundial en torno al tema ha cambiado sustancialmente en los últimos cinco años. Las consecuencias negativas del llamado "efecto invernadero" en el planeta y su relación con el cambio climático, la suscripción del Protocolo de Kyoto en 1997 por gran parte de las naciones desarrolladas, los efectos crecientes de la globalización y la preocupación por la conservación de la biodiversidad, han favorecido la creación de alianzas internacionales e intercambio de experiencias entre expertos sobre la necesidad de enfrentar el tema de los incendios forestales desde una perspectiva mundial. Por otra parte, y en un contexto más amplio, las emisiones de gases invernadero – entre ellos los derivados de los incendios forestales – y la adaptación de las naciones industrializadas y países en desarrollo al cambio climático, son temas que la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático ya ha planteado abordar con la colaboración de las naciones, entre ellas Chile. En este mismo ámbito, entre los acuerdos firmados entre los gobiernos de Chile y Canadá, está implícito el

compromiso de cooperación y protección ambiental, como parte de las metas y objetivos ambientales contemplados en el marco del Tratado de Libre Comercio.

Indudablemente el problema de los incendios forestales presenta distintos matices según la región, magnitud y oportunidad en que se presenten. Aún así, existen aspectos que son comunes a muchos países que poseen extensas masas boscosas, y que son recurrentemente afectados por siniestros. Por lo anterior, es que los organismos internacionales y las políticas de cada nación debiesen abordar temas tan importantes como el fomentar políticas de educación y difusión a distintos niveles socioculturales, invertir aún más en la conservación de bosques, avanzar en la consolidación de redes de cooperación internacional para la investigación, estudiar la expansión de las áreas urbanas en zonas boscosas, la restauración de ecosistemas quemados, fortalecer los mecanismos de pronóstico, detección y seguimiento de incendios, capacitar a la población rural sobre el uso responsable del fuego, y fomentar la investigación local inserta en políticas claras y adecuadamente articuladas con otras instituciones. Muchos han sido los avances de los países industrializados, y no menos son los desafíos para el resto de las naciones que presentan este tipo de problemas ambientales. Sólo por las vías antes descritas, se podrán materializar innumerables aspectos que aún quedan pendientes en el estudio de los efectos de los incendios forestales sobre el medio ambiente, problema actual y de connotación mundial.

Síntesis Global

La acción del fuego sobre el medio ambiente ha experimentado importantes cambios en su concepción misma. Su rol ecológico en el funcionamiento y mantención de ecosistemas ha sido ensombrecido por los enormes desastres que ha provocado su inadecuado uso y al desconocimiento de sus efectos negativos al medio ambiente y la salud humana. Muchas especies de animales y plantas están desapareciendo a causa de la deforestación y de los incendios, ocasionando efectos devastadores sobre delicados ecosistemas de nuestro planeta. El progreso de las naciones industrializadas junto a una creciente demanda por alimentos y de bienes y servicios provenientes de los bosques, han favorecido la emisión de agentes contaminantes y con ello el aumento de gases invernadero. Los cambios climáticos que se viven actualmente en el planeta, son parcialmente atribuibles a los incendios forestales. Si bien es cierto, aún quedan muchas interrogantes sobre la magnitud de los efectos de los incendios forestales en el cambio climático, es indudable que éstos siempre ocurrirán, por lo que es necesario seguir avanzando en la búsqueda de nuevas alternativas de educación y prevención de incendios, el reconocimiento del rol benéfico del fuego bajo un uso responsable, la recolección, evaluación e intercambio de experiencias en información global sobre incendios, y un impulso al desarrollo y fortalecimiento de políticas nacionales en manejo del fuego, especialmente en países en vías de desarrollo.

Algunas propuestas para el caso de Chile

El problema de los incendios forestales y sus efectos ambientales, debe ser abordado esencialmente desde la base de la Prevención, orientando mayores esfuerzos a la educación escolar sobre el conocimiento de los recursos naturales y cómo protegerlos, una modernización en las campañas de difusión, el mayor incentivo a la utilización de prácticas alternativas a las quemas para la eliminación de desechos vegetales, un fortalecimiento en la capacitación sobre el uso del fuego en zonas rurales, aumentos en la fiscalización y control de uso del fuego, y una profunda reforma al sistema de sanciones. Es necesario además, valorar de mejor forma el Bosque Nativo, junto con destinar mayores recursos para el extenso territorio que CONAF tiene bajo su responsabilidad. Este conjunto de medidas, junto a otras, sin dudas fortalecerán el actual sistema de protección nacional, y con ello, una disminución de los problemas ambientales que se generarán de los futuros incendios que inevitablemente se producirán.